(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4212694号
(P4212694)
(45)発行日　平成21年1月21日(2009.1.21)　(24)登録日　平成20年11月7日(2008.11.7)

(51)Int.Cl.　F I
H02M 1/00 (2007.01)　H02M 1/00 J
H02M 1/00 P

請求項の数 3　(全 7 頁)

(21)出願番号　特願平10-350190
(22)出願日　平成10年12月9日(1998.12.9)
(65)公開番号　特開2000-175435(P2000-175435A)
(43)公開日　平成12年6月23日(2000.6.23)
審査請求日　平成17年11月11日(2005.11.11)

(73)特許権者　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号
(74)代理人　100078134
弁理士　武　顕次郎
(72)発明者　宮田　博昭
茨城県日立市国分町一丁目１番１号　株式会社　日立製作所　国分工場内
(72)発明者　田中　主税
茨城県日立市国分町一丁目１番１号　株式会社　日立製作所　国分工場内

審査官　杉浦　貴之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電力変換装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
直列または直並列接続された複数の半導体スイッチング素子を制御して電力を変換する電力変換装置において、前記各半導体スイッチング素子と並列に、前記各半導体スイッチング素子に印加される過電圧を検出して永久短絡する短絡スイッチを接続したことを特徴とする電力変換装置。
【請求項２】
請求項１において、
前記短絡スイッチが検出する前記過電圧は、当該電力変換装置の運転を許容する故障半導体スイッチング素子数を除く健全な半導体スイッチング素子数において、該健全な各半導体スイッチング素子に印加される電圧よりも大きな電圧に設定されていることを特徴とする電力変換装置。
【請求項３】
請求項１ないしは請求項２のいずれか１つの請求項において、
前記各半導体スイッチング素子と並列に、各半導体スイッチング素子に対する印加電圧が無いことまたは印加電圧の有無の変化が無いこと検出する手段を設け、前記半導体スイッチング素子の故障を検出することを特徴とする電力変換装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】

本発明は、電力変換装置に係わり、特に、内部に開放故障モードをもつ半導体スイッチング素子を直列または直並列に接続して電力を変換する電力変換装置において、該半導体スイッチング素子の故障の検出および素子の保護を図った電力変換装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】

負荷の高電圧、大容量化に伴って、複数個の半導体スイッチング素子を直列または直並列接続したものを１つのスイッチアームとしてこれらを複数個組み合わせた電力変換装置の需要が増加している。このようなスイッチアームは通常、半導体基板を両面の電極で圧接し、かつ半導体スイッチング素子を複数個圧接した半導体スタック構造が採られている。

【０００３】

図３にこのような半導体スタック構造のスイッチアームの一例を示す。同図において、圧接形半導体スイッチング素子１は、冷却用金属片２や主回路端子板７、絶縁スペーサ８、板バネ等（本図では省略）とともに、スタック端板３およびスタック端板連結要素４により所定の圧力で圧接されている。スイッチアームの主回路は、一方の主回路端子板７から複数の圧接形半導体スイッチング素子１と冷却用金属片２を介して他方の主回路端子板７間に構成されている。半導体スイッチング素子１は、半導体基板５の両側の表面に設けた外部電極６が圧接される構成となっている。なお、他に各半導体スイッチング素子１に対してダイオード、コンデンサ等が接続されるがここでは省略されている。

【０００４】

このような圧接形半導体スイッチング素子１に対して過電圧が印加された場合の故障モードとしては、半導体基板５上もしくは半導体基板５内での短絡故障が考えられる。半導体スイッチング素子１のいずれかが短絡故障した場合、スイッチアームに印加される電圧はスイッチアーム中の健全な他の半導体スイッチング素子１により分担される。このような短絡故障した場合の半導体スイッチング素子１の故障検出は、故障した半導体スイッチング素子１に対する印加電圧が無いこと、または半導体スイッチング素子１に対する印加電圧の有無の変化が無いことを検出することによって検出することができる。

【０００５】

一方、近年、電圧制御が可能であるため周辺回路が簡略化でき、またオン、オフ操作ができるので装置の制御性を向上することのできるＩＧＢＴ等の半導体スイッチング素子の高耐圧化が進められ、電力変換装置に使用されるようになっている。これらＩＧＢＴを利用した半導体スイッチング素子では、その構造上、内部の半導体基板表面に設けた電極と当該素子外部との接続を図る電極間等との接続にワイヤボンディングが用いられている。

【０００６】

図４にこのようなワイヤボンディングを有するモジュール形半導体スイッチング素子を複数個直列接続したスイッチアームの一例を示す。同図において、複数のモジュール形スイッチング素子１１は、主回路導体１２により直列接続されてスイッチアームを構成している。モジュール形スイッチング素子１１は、半導体基板１３の表面に設けた電極１４と当該素子の外部との接続を図るための電極１５との間をワイヤボンディング１６で接続するように構成されている。なお、他に各半導体スイッチング素子１１に対して、ダイオード、コンデンサ等が接続されるがここでは省略されている。

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】

上記のごとく、ワイヤボンディングを有するモジュール形半導体スイッチング素子を用いたスイッチアームは、圧接形半導体スイッチング素子を用いた半導体スタック構造のスイッチアームに比べて、ワイヤボンディングを用いている。そのため、モジュール形半導体スイッチング素子１１に対して過電圧が印加された場合の故障のモードとしては、半導体基板１３上もしくは半導体基板１３内での短絡故障の他に、ワイヤボンディング１６が切れることによる開放故障を起こす問題がある。

【０００８】

このような開放故障の故障モードをもつ半導体スイッチング素子を直列接続あるいは直並

列接続して使用する回路においては、半導体スイッチング素子が開放故障した場合は、故障した半導体スイッチング素子にスイッチアームに印加かされる全電圧が印加されてしまう。この電圧は単一の半導体スイッチング素子に対しては過電圧であり、故障した半導体スイッチング素子がさらに高電界により絶縁破壊を起こし、この絶縁破壊は、さらに時として当該故障した半導体スイッチング素子の破損にとどまらず、当該素子外部にまで破損が拡大する恐れがある。従来の各半導体スイッチング素子に対する印加電圧が無いこと、または各半導体スイッチング素子に対する印加電圧の変化が無いことを検出して素子故障を検出する方法では、このような開放故障を検出し保護することはできない。

【０００９】

本発明の目的は、上記の問題点に鑑みて、半導体スイッチング素子に開放故障等が発生した場合には、それらの故障を迅速に検出して処理し、当該故障した半導体スイッチング素子の絶縁破壊や他の半導体スイッチング素子等への２次的な破損の波及を防止した電力変換装置を提供することにある。

【００１０】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記の課題を解決するために、次のような手段を採用した。

【００１１】

直列または直並列接続された複数の半導体スイッチング素子を制御して電力を変換する電力変換装置において、前記各半導体スイッチング素子と並列に、前記各半導体スイッチング素子に印加される過電圧を検出して永久短絡する短絡スイッチを接続したことを特徴とする。

【００１２】

また、請求項１に記載の電力変換装置において、前記短絡スイッチが検出する前記過電圧は、当該電力変換装置の運転を許容する故障半導体スイッチング素子数を除く健全な半導体スイッチング素子数において、該健全な各半導体スイッチング素子に印加される電圧よりも大きな電圧に設定されていることを特徴とする。

【００１３】

また、請求項１ないしは請求項２のいずれか１つの請求項に記載の電力変換装置において、前記各半導体スイッチング素子と並列に、各半導体スイッチング素子に対する印加電圧が無いことまたは印加電圧の有無の変化が無いこと検出する手段を設け、前記半導体スイッチング素子の故障を検出することを特徴とする。

【００１４】

【発明の実施の形態】

はじめに、本発明の一実施形態を図１を参照して説明する。

【００１５】

図１は、本実施形態に係わる電力変換装置の半導体スイッチング素子からなるスイッチアームおよびスイッチアームを制御する制御装置の構成を示すブロック図である。

【００１６】

同図において、２１は複数の半導体スイッチング素子２４を直列接続したスイッチアーム、２２は大地電位に接地されスイッチアーム２１に半導体スイッチング素子を制御するためのスイッチング指令を出力する制御装置である。

【００１７】

さらに、スイッチアーム２１には、半導体スイッチング素子２４毎に設けられ制御装置２２からのスイッチング指令に従って半導体スイッチング素子を同時に駆動するための駆動信号を出力する半導体スイッチング素子駆動回路２３と、スイッチアーム２１の両端（Ｐ－Ｎ）間に直列接続された複数の半導体スイッチング素子２４と、各半導体スイッチング素子２４の両端間に並列接続され過電圧により永久短絡する短絡スイッチ２５とから構成される。なお、他に各半導体スイッチング素子２４には、ダイオード、コンデンサ等の素子が接続されるがここでは省略されている。

【００１８】

同図において、スイッチアーム２１内のすべての半導体スイッチング素子２４が健全な状態においては、直列接続された各半導体スイッチング素子２４および短絡スイッチ２５に印加される電圧は、Ｐ－Ｎ間に印加される電圧を半導体スイッチング素子の直列接続数で除した電圧となる。この電圧では短絡スイッチ２５は動作せず開放状態を保っている。

【００１９】

ここで、スイッチアーム２１内の半導体スイッチング素子２４のうちの１つが開放故障すると、他の半導体スイッチング素子２４が導通状態にあるときには、当該故障素子および当該故障素子に並列接続されている短絡スイッチ２５に対してＰ－Ｎ間に印加される全電圧、即ち、短絡スイッチ２５に常時印加される電圧よりも大きな電圧が印加されることになる。この電圧により短絡スイッチ２５は動作して永久短絡し、その結果、当該故障素子の内部における２次的な絶縁破壊は回避される。

【００２０】

また、半導体スイッチング素子２４の一部が故障した状態においては、直列接続された各半導体スイッチング素子２４および短絡スイッチ２５に印加される電圧は、スイッチアーム２１のＰ－Ｎ間に印加される電圧を健全な半導体スイッチング素子２４の直列接続数で除した電圧となる。この電圧は、全ての半導体スイッチング素子２４が健全な場合に比べて、各半導体スイッチング素子２４および各短絡スイッチ２５に印加される電圧より大きなものとなる。通常、スイッチアーム２１内の半導体スイッチング素子２４の故障数が一定以上になった場合には電力変換装置の運転を停止させるが、故障数が所定数内では、短絡スイッチ２５の動作電圧を各半導体スイッチング素子２４および各短絡スイッチ２５に印加される電圧よりも高くすることにより、故障した半導体スイッチング素子２４と並列接続された短絡スイッチ２５を除く他の短絡スイッチ２５は開放状態を保ち、スイッチアーム２１を動作させ電力変換装置の運転を継続することができる。

【００２１】

次に、本発明の他の実施形態を図２を参照して説明する。

【００２２】

図２は、本実施形態に係わる電力変換装置のスイッチアーム、制御装置および素子故障検出装置の構成を示すブロック図である。

【００２３】

同図において、２６は各半導体スイッチング素子２４と並列に接続され各半導体スイッチング素子４に対する印加電圧が無いことまたは各半導体スイッチング素子に対する印加電圧の変化が無いことを検出し検出信号を出力する電圧検出要素、２７は電圧検出要素２６から出力された検出信号に基づいて、素子故障を判定する素子故障検出装置である。その他の構成は図１に示すものと同一であるので説明を省略する。

【００２４】

故障検出は以下のようにして行われる。半導体スイッチング素子２４のいずれかが短絡故障した場合は、電圧検出要素２６は、故障した半導体スイッチング素子２４に対する印加電圧が無いことまたは印加電圧の変化が無いことを検出して検出信号を出力し、素子故障検出装置２７は故障した半導体スイッチング素子２４があることを検出する。また、半導体スイッチング素子２４のいずれかが開放故障した場合は、先に述べたように、故障した半導体スイッチング素子２４と並列接続された短絡スイッチ２５が永久短絡されるため、電圧検出要素２６は、故障した半導体スイッチング素子２４に対する印加電圧が無いことまたは印加電圧の変化が無いことを検出して検出信号を出力するので、素子故障検出装置２７は故障した半導体スイッチング素子２４を検出することができる。

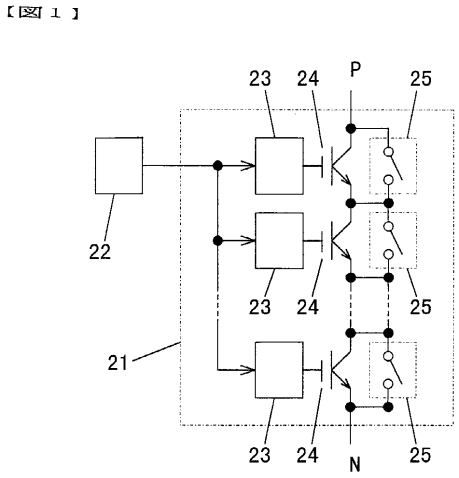
【００２５】

【発明の効果】

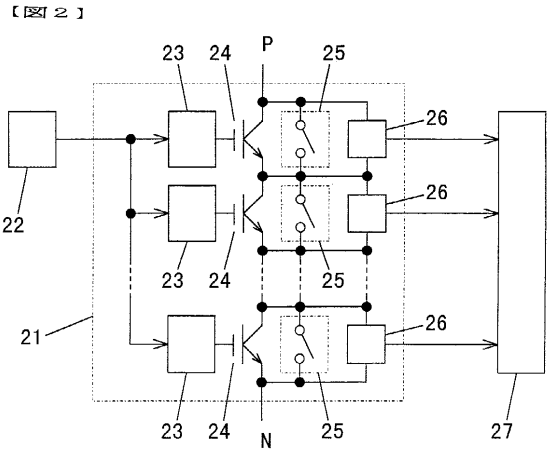
上記のごとく、本発明は、各半導体スイッチング素子と並列に、前記各半導体スイッチング素子に印加される過電圧を検出して永久短絡する短絡スイッチを設けたので、半導体スイッチング素子が開放故障した場合には、短絡スイッチが永久短絡してそれ以降は故障半導体スイッチング素子には電圧が印加されなくなり、当該素子の２次的な絶縁破壊を防止

することができ、電力変換装置の信頼性の向上を図ることができる。
また、本発明は、短絡スイッチが検出する過電圧は、当該電力変換装置の運転を許容する故障半導体スイッチング素子数を除く健全な半導体スイッチング素子数において、該健全な各半導体スイッチング素子に印加される電圧よりも大きな電圧に設定されているので、健全な各半導体スイッチング素子に印加される電圧が高くなっても故障半導体スイッチング素子数が許容される数に達しない限り電力変換装置の運転を継続することができる。
【００２６】
また、本発明は、各半導体スイッチング素子と並列に、各半導体スイッチング素子に対する印加電圧が無いことまたは印加電圧の変化が無いこと検出する手段を設けて半導体スイッチング素子の故障を検出するようにしたので、半導体スイッチング素子の短絡故障のみならず開放故障も検出することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の一実施形態に係わる電力変換装置の半導体スイッチング素子からなるスイッチアームおよびスイッチアームを制御する制御装置の構成を示すブロック図である。
【図２】本発明の他の実施形態に係わる電力変換装置のスイッチアーム、制御装置および素子故障検出装置の構成を示すブロック図である。
【図３】従来技術に係わる半導体スタック構造のスイッチアームの一例を示す図である。
【図４】従来技術に係わる内部にワイヤボンディングを有するモジュール形半導体スイッチング素子を複数個直列接続したスイッチアームの一例の示す図である。
【符号の説明】
１　圧接形半導体スイッチング素子
２　冷却用金属片
３　スタック端板
４　スタツク端板連結要素
５　半導体基板
６　圧接形半導体スイッチング素子の外部電極
７　主回路端子板
８　絶縁スペーサ
１１　モジュール形スイッチング素子
１２　主回路導体
１３　半導体基板
１４　半導体基板表面の電極
１５　素子外部に接続するための電極
１６　ワイヤボンディング
２１　スイッチアーム
２２　制御装置
２３　半導体スイッチング素子駆動回路
２４　半導体スイッチング素子
２５　短絡スイッチ
２６　電圧検出要素
２７　素子故障検出装置

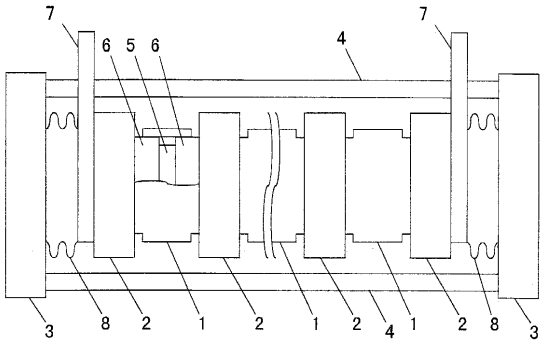
【図１】


23
24
P
25
22
23
24
25
21
23
24
N
25

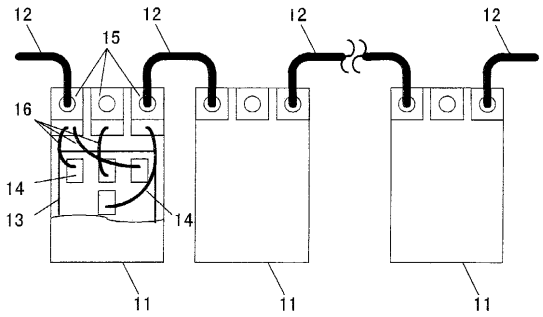
【図２】


23
24
P
25
26
22
26
23
24
25
21
26
23
24
N
25
27

【図３】


7
6
5
6
4
7
3
8
2
1
2
1
2
4
1
2
8
3

【図４】


12
15
12
12
12
16
14
13
14
11
11
11

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平７－５９２５５（ＪＰ，Ａ）
特開昭５７－８０２６０（ＪＰ，Ａ）
特開昭５４－９４８６５（ＪＰ，Ａ）
特開平１－２２２６５３（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－２６６０６５（ＪＰ，Ａ）
特開昭６０－２２９６２４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H02M 1/00